

**Р. Рогатинський, докт. техн. наук; І. Брошчак, канд. техн. наук;  
Іг. Гевко, канд. техн. наук**

*Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя*

## **ОСОБЛИВОСТІ РОЗТОЧУВАННЯ КІЛЬЦЕВИХ КАНАВОК ПІД СТОПОРНІ КІЛЬЦЯ Й УЩІЛЬНЕННЯ**

*Наведено методику розрахунку розточної головки з приводом байонетний паз – еліпс з вибором режимів різання. Уточнено значення коефіцієнта співвідношення подач для даного пристрою. Представлено конструкцію пристрою для розточування кільцевих канавок в отворах корпусних деталей з використанням кінематичних зв'язків оправка-різець. Подано детальний опис конструкції даного пристрою та принципу його роботи. Представлено схему виконання конструктивних елементів розточної головки байонетний паз-еліпс.*

**R. Rogatinsky, I. Broshchak, Ig. Gevko**

## **FEATURES OF BORING OF CIRCULAR DITCHES ARE UNDER STOP RINGS AND COMPRESSIONS**

*The method of calculation of boring head is resulted with an occasion a bayonet slot is an ellipse with the choice of the cutting modes. The value of coefficient of correlation of serves is specified for this device. The construction of device is presented for boring of circular ditches in openings of corps details with the use of kinematics connections mounting-cuttingtool. The detailed description of construction of this device and principle of his work is given. The chart of implementation of structural elements of boring head bayonet slot-ellipse is presented.*

### **Умовні позначення**

$KK$	– кільцева канавка;
$BOC$	– вузол осьового стопоріння;
$PG$	– розточна головка;
$K_s$	– коефіцієнт співвідношення подач;
$S_p$	– подача різця, мм/об;
$S_{ш}$	– подача шпинделя верстату, мм/об;
$\alpha$	– кут підйому спіралі байонетного пазу, град;
$\beta$	– кут повороту оправки, град;
$A$	– довжина пазу, мм;
$m$	– модуль зубчастого зачеплення, мм;
$z$	– кількість зубів зубчастого вінця вставки.

**Постановка проблеми.** Кільцеві канавки (КК) в отворах корпусних деталей широко використовуються у вузлах осьового стопоріння (ВОС) у усіх галузях народного господарства. Для їх розточування використовують розточні головки (РГ), які здійснюють перетворення осьової подачі шпинделя верстата в радіальну подачу різців за допомогою певних розточних механізмів передачі руху, що характеризуються невідповідністю величини подачі різця по відношенню до величини подачі шпинделя верстату. Крім цього, якщо подача верстата має певне встановлене значення, то подача різця у багатьох випадках є величиною змінною за глибиною розточуваної канавки.

**Аналіз останніх досліджень.** Теоретичні основи дослідження особливостей розточування кільцевих канавок викладені у працях багатьох авторів [1-4], проте питання дослідження подачі різця при розточуванні кільцевих канавок потребують додаткового вивчення.

**Постановка задачі.** Метою даної роботи є визначення конструктивних і технологічних параметрів оправки для розточування кільцевих канавок та визначення відповідних аналітичних залежностей.

**Виклад основного матеріалу.** Для характеристики РГ введемо новий коефіцієнт співвідношення подач ( $K_s$ ), величина якого дорівнює відношенню подачі різця  $S_p$  до подачі шпинделя верстату  $S_{ш}$ , тобто:

$$K_s = \frac{S_p}{S_{ш}} \quad \text{або} \quad S_p = K_s \cdot S_{ш}. \quad (1)$$

Технологічно доцільнішим є забезпечення  $K_s = \frac{S_p}{S_{ш}} < 1$ , що дає можливість застосування раціональних подач різця в діапазоні  $S_p=0,03-0,08$  мм/об, в той час коли мінімальні подачі шпинделя верстата не завжди у вказаному діапазоні можна забезпечити.

Крім цього, двохрізцеві РГ характерні тим, що величина подачі на один оберт шпинделя розподіляється на обидва різці, що передбачає зменшення величини подачі в два рази. Отже, діапазон раціональних подач розточних різців РГ становить  $S_p=0,06-0,16$  мм/об.

При цьому величина припуску, який знімається різцем за один оберт шпинделя у дворізцевої РГ, у два рази менша порівняно з однорізцевим обробленням, тому величину подачі у випадку застосування дворізцевої РГ необхідно збільшити в 2 рази.

Оброблення кільцевих канавок відкритого і особливо закритого типів є ще складнішою проблемою порівняно з виготовленням звичайних отворів. Одним із шляхів підвищення продуктивності праці, точності і якості кільцевих канавок, місця їх розміщення в оброблюваних отворах є використання двох або більше розточних різців у розточних головках.

Вибір тієї чи іншої схеми розточування залежить від типу виробництва, величини глибини канавки, наявності того чи іншого обладнання, габаритних розмірів оброблюваної деталі та діаметра отвору для розточування кільця тощо.

Двоваріантний пристрій для розточування кільцевих канавок у корпусних деталях з різними конструктивними варіантами взаємозв'язку оправка-різець зображено на рис.1.

Робота пристрою для розточування кільцевих канавок здійснюється наступним чином. Пристрій встановлюють в шпиндель вертикально-свердлильного, вертикально~ або горизонтально-фрезерного верстата, нижня частина пристрою встановлюється в отвір корпусу 14, в якому необхідно розточити кільцеву канавку. Центрування пристрою в отворі 17 корпусу 1 здійснюється за допомогою центрувального корпусу 15, зміщення кільцевої канавки від торця корпусу регулюється шайбою 13, а хвостовик відносно втулки 3 знаходиться у верхньому крайньому положенні. Після цих підготовчих робіт вмикають верстат і опускають хвостовик вниз, стискаючи пружину 8, при цьому повертається зубчасте колесо 10 і діє на зубчасті рейки 12, різці 11 розтискаються і розточують кільцеву канавку в корпусі 1. Глибина розточування регулюється величиною опускання хвостовика 2, а величина ходу останнього – величиною відносного ходу хвостовика та втулки за допомогою гайок 6 і пазами 7 оправки. Стружка просипається через зазор 16 між корпусом 15 і нижньою частиною втулки 3 по внутрішньому отворі. Після закінчення розточування кільцевої канавки хвостовик під дією пружини 8 піднімається вгору, при цьому він діє на зубчасте колесо 10 і рейки 12, які відводять різці у вихідне положення. Закінчивши технологічний процес розточування, пристрій переставляють на другий отвір для розточування.



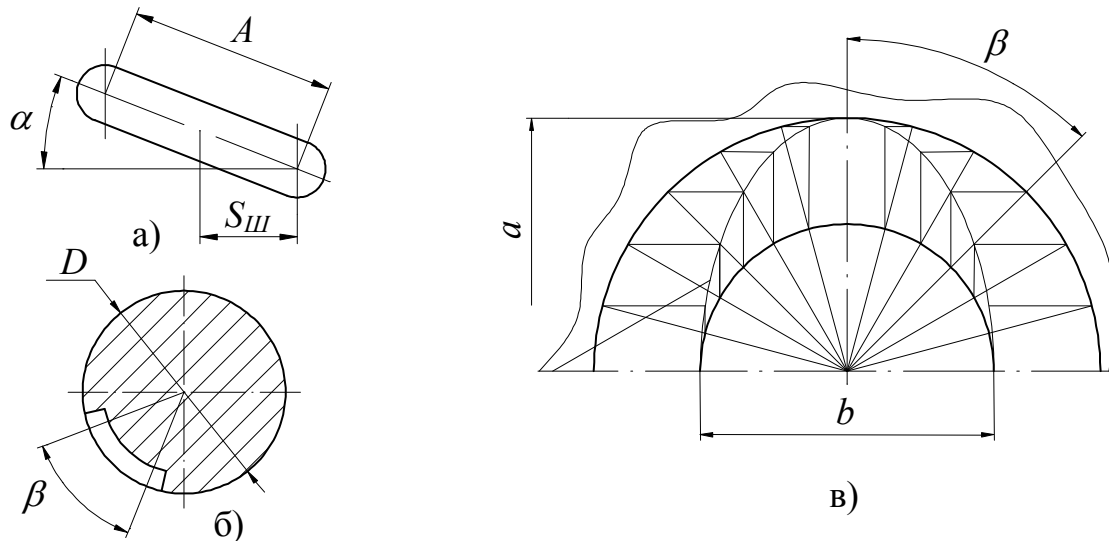


Рисунок 2 - Схема виконання конструктивних елементів РГ байонетний паз-еліпс: а) розгортка байонетного паза; б) переріз оправки з байонетним пазом; в) схема виконання еліпсної передачі на державці різця

Кут повороту оправки  $\beta$  при виконанні паза в оправці діаметром  $D$  дорівнює:

$$\beta = 114,592 \cdot \frac{A}{D} \cos \alpha, \quad (2)$$

де  $\alpha$  – кут підйому спіралі (байонетного паза), град.;  $A$  – довжина паза, мм.

Для подачі шпинделя верстата  $S_{ш}$  кут повороту оправки за один оберт шпинделя  $\beta_s$  дорівнює аналогічно (1):

$$\beta_s = 114,592 \cdot \frac{S_{ш}}{\cos \alpha \cdot D} \cdot \cos \alpha = 114,592 \cdot \frac{S_{ш}}{D}. \quad (3)$$

Під час повороту оправки з байонетним пазом на кут  $\beta_s$  відповідно повертається вставка, що контактує з еліпсною поверхнею державки різця на кут  $\beta_s$ .

У цьому випадку величина подачі різця  $S_p$  визначається залежністю:

$$S_p = \frac{a-b}{2} \cdot [\sin(\beta + \beta_s) - \sin \beta], \quad (4)$$

де  $a$  і  $b$  – відповідно радіуси еліпса, мм.

У цьому випадку коефіцієнт співвідношення подач РГ з передачею байонетний паз – еліпс, з врахуванням формул (2) і (3), дорівнює:

$$K_s = \frac{S_p}{S_{ш}} = \frac{a-b}{2 \cdot S_{ш}} \cdot [\sin(\beta + \beta_s) - \sin \beta] = \frac{a-b}{2 \cdot S_{ш}} \cdot \left[ \sin\left(\beta + 114,592 \cdot \frac{S_{ш}}{D}\right) - \sin \beta \right].$$

Радіальне переміщення різців в РГ визначається за залежністю:

$$L = \frac{a-b}{2} \cdot \sin \beta. \quad (5)$$

Як видно із залежності (4), коефіцієнт співвідношення подач  $K_s$  є величиною змінною в процесі розточування кільцевої канавки, і, відповідно, змінною є величина подачі різця  $S_p$ . Характер зміни  $K_s$  для РГ з передачею байонетний паз – еліпс в межах величини байонетного паза  $\beta=0-90^\circ$ , кута підйому спіралі байонетного паза  $\alpha=35^\circ$ , діаметра оправки з байонетним пазом  $D=30$  мм, елементів еліпсної подачі  $a=12$  мм,  $b=7$  мм, на довжині радіального переміщення різця  $L = \frac{12-7}{2} \cdot 1 = 2,5$  мм для подачі шпинделя  $S_{ш}=0,1$  мм/об показано в розрахунковій таблиці 1.

Як видно із графічних кривих (рис.3), найраціональнішою величиною використання кута байонетного паза в РГ є  $\beta=55-60^\circ$ . Збільшення кута до  $\beta=90^\circ$  майже не впливає на глибину розточування, крім цього, подача різців у цьому діапазоні ( $60^\circ < \beta < 90^\circ$ ) різко падає до мінімальних (нульових) значень. Цей діапазон можна

використовувати для точних розточувань кільцевих отворів для доведення розміру з порівняно великими подачами шпинделя верстата.

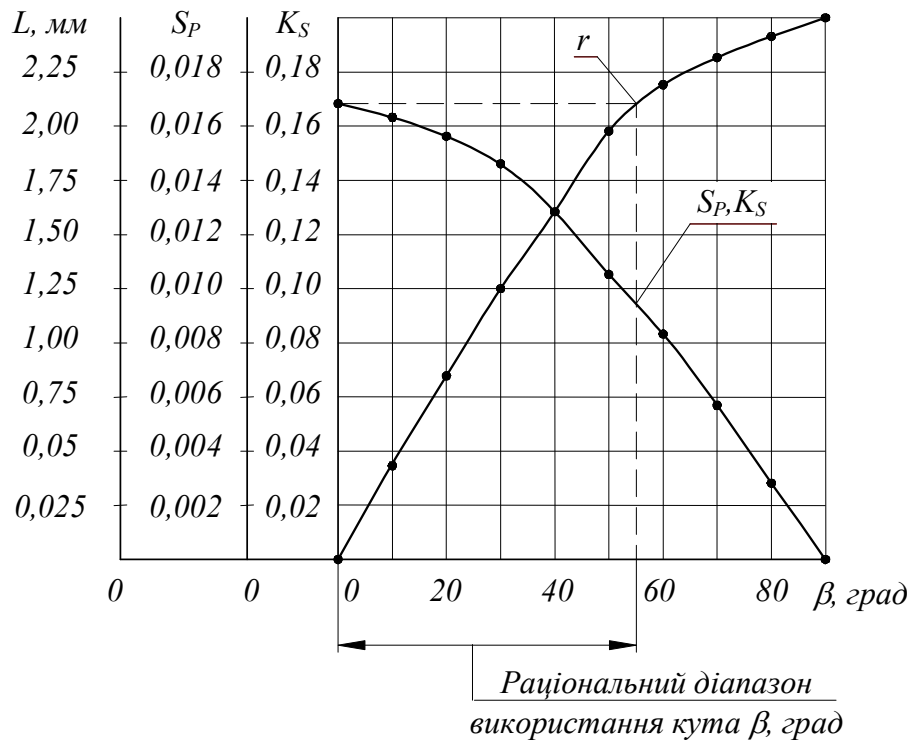


Рисунок 3 - Характер зміни коефіцієнту співвідношення подач  $K_S$ , подачі різця  $S_P$  і глибини розточування  $L$  від зміни кута байонетного пазу  $\beta$

Найоптимальнішими подачами різця для розточування кільцевих канавок є  $S_P=0,03-0,08$  мм/об, визначимо необхідний діапазон подач шпинделя, який забезпечує вказані подачі різця, виходячи з залежності  $S_{ш} = \frac{S_P}{K_S}$  в діапазоні кута  $\beta=60^\circ$ .

Найбільше значення  $K_S$  відповідає початковій подачі шпинделя. Звідси граничні подачі шпинделя:

$$\text{- для } S_P=0,08 \text{ мм/об: } S_{ш1} = \frac{0,08}{0,1675} = 0,47 \text{ мм/об;}$$

$$\text{- для } S_P=0,03 \text{ мм/об: } S_{ш2} = \frac{0,03}{0,1675} = 0,18 \text{ мм/об.}$$

Отже, для РГ конструкції байонетний паз – еліпс з вихідними даними  $a=12$  мм;  $b=7$  мм;  $\alpha=35^\circ$  оптимальними подачами шпинделя необхідно вважати  $S_{ш}=0,47-0,18$  мм/об.

Запропонована конструкція РГ передбачає отримання радіальної подачі різців від подачі шпинделя через байонетний паз оправки, закріпленої в шпинделі верстата через рейкову передачу державки різця.

Розрахункову схему передачі зображено на рисунку 4.

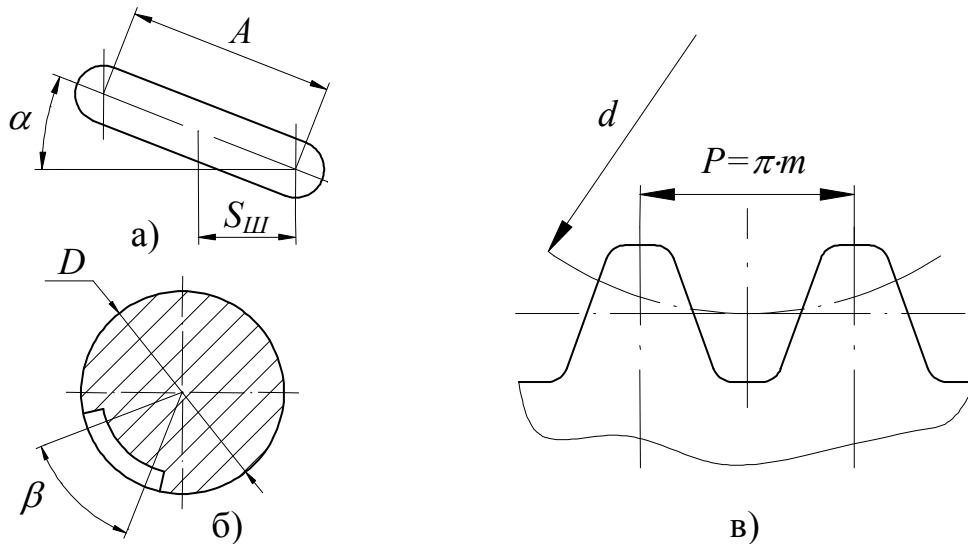


Рисунок 4 - Розрахункова схема РГ байонетний паз – зубчаста рейка: а) розгортка байонетного пазу; б) переріз оправки з байонетним пазом; в) схема зубчастої передачі шестерня-рейка

Як було встановлено в попередньому підрозділі, величина кута  $\beta$  визначається за залежністю:

$$\beta_s = 114,592 \frac{S_{III}}{D}.$$

Поворот оправки з байонетним пазом на кут  $\beta_s$ , який відповідає величині подачі шпинделя верстата  $S_{III}$ , забезпечує повертання зубчастої вставки, яка приводить в рух зубчасту рейку з різцями на величину  $S_p$ .

Звідси

$$S_p = \frac{\pi \cdot m \cdot z \cdot \beta_s}{360} = 114,592 \cdot \frac{S_{III} \cdot m \cdot z \cdot \pi}{D \cdot 360}, \quad (6)$$

коефіцієнт співвідношення подач

$$K_S = \frac{S_p}{S_{III}} = \frac{114,592 \cdot S_{III} \cdot m \cdot z}{D \cdot 360 \cdot S_{III}} = \frac{114,592 \cdot m \cdot z \cdot \pi}{360 \cdot D}, \quad (7)$$

де  $m$  – модуль зубчастого зачеплення, мм;  $z$  – кількість зубів зубчастого вінця вставки.

Аналіз відповідних формул показує, що коефіцієнт співвідношення подач  $K_S$  і величина подачі різця  $S_p$  є постійними величинами для розглядуваної конструкції РГ протягом розточування кільцевої канавки і залежить від конструктивних параметрів байонетного пазу і рейкової передачі РГ з параметрами зубчастого зачеплення. Для  $m=1$  мм;  $z=10$ ;  $D=30$  мм.

$$K_S = \frac{114,592 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 3,14}{360 \cdot 30} = 0,333; \quad S_p = 0,333 \cdot S_{III}, \text{ або } S_{III} = \frac{S_p}{0,333}.$$

Загальний хід різців в межах оптимальної величини кута байонетного паза  $\beta=60^\circ$  визначається за формулою (4.20).

$$L = \frac{\pi \cdot m \cdot z \cdot \beta}{360} = \frac{1 \cdot 10 \cdot 60 \cdot 3,14}{360} = 5,23 \text{ мм}.$$

Граничні подачі шпинделя для запропонованої конструкції РГ:

$$\text{для } S_p=0,08 \text{ мм/об } S_{III} = \frac{0,08}{0,333} = 0,24 \text{ мм/об};$$

$$\text{для } S_p=0,03 \text{ мм/об } S_{III} = \frac{0,03}{0,333} = 0,09 \text{ мм/об}.$$

Тобто границі оптимальних подач шпинделя верстата становлять:  $S_{ш} = 0,09 - 0,24$  мм/об.

### **Висновки**

1. Виведено аналітичні залежності для визначення конструктивних і технологічних параметрів оправки для розточування кільцевих канавок з приводом байонетний паз – еліпс.
2. Виведено аналітичну залежність для визначення коефіцієнта співвідношення подач розточної гловки з приводом байонетний паз – еліпс.
3. Встановлено значення величини кута байонетного паза, який доцільно вибирати в межах  $55...60^0$ , величину подачі шпинделя – в мажах  $S_{ш}=0,47...0,18$  мм/об, а різців –  $0,03...0,008$  мм/об.

### **Література**

1. Линчевский П.А. Джугурян Т.Г., Оргиян А.А. Обработка деталей на отделочно-расточных станках. - К.: Техника, 2001. -301 с.
2. Остафьев В.А., Пономаренко А.И. Обработка точных отверстий в приборостроении. –К.: Техніка, 1972. -137 с.
3. Еремеева Н. М. Обработка отверстий в деталях из серого чугуна. -М.: Машгиз, 1961. -178 с.
4. Брошак І.І., Гевко Іг.Б. Типізація спеціальних отворів у деталях машин і особливості їх оброблення // Вісник Тернопільського державного технічного університету, 2007. – Том 12, №1. – С.70-76.

*Одержано 04.09.2007 р.*